

16 de diciembre de 2009 - Examen de Física Moderna

Problema 1: Choque relativista.

La creación y el estudio de nuevas partículas elementales constituye una parte importante de la física contemporánea. Especialmente interesante es el descubrimiento de partículas muy masivas. Compare los siguientes métodos e indique cuál es el que invierte menos energía cinética, si el objetivo es crear una partícula masiva con masa en reposo M_0 .

- Un protón de masa en reposo m_0 y energía cinética K (vista desde el referencial del laboratorio) choca con otro protón (blanco) que está inicialmente en reposo (visto desde el referencial del laboratorio).
- Dos protones de masa en reposo m_0 y energía cinética K (vista desde el referencial del laboratorio) colisionan.

Problema 2: Varios temas.

Clásicamente, la energía cinética y potencial de un electrón de cantidad de movimiento $\mathbf{p}$ y que está a una distancia $\mathbf{r}$ de un protón estacionario, está dada por:

$$K = \frac{p^2}{2m} \quad V = -k \frac{e^2}{r}$$

Desde el punto de vista de la cuántica moderna, si el electrón está ligado al protón, se forma un átomo de hidrógeno. Si modelamos al sistema como unidimensional, el valor medio de la posición y cantidad de movimiento son nulos.

- Suponga que la incertidumbre en la posición de electrón es del orden de $\mathbf{r}$. Calcule la incertidumbre en la cantidad de movimiento en términos de $\mathbf{r}$.
- Calcule la energía total del electrón, en términos de $\mathbf{r}$, tomando en cuenta que las ecuaciones anteriores deben ser modificadas.
- Indique cuál es el valor de $\mathbf{r}$ que minimiza esa energía y compárelo con valores de $\mathbf{r}$ que surgen del modelo de Bohr.

Problema 3: Ecuación de Schrödinger.

Dos alambres conductores de cobre están separados por una capa de óxido de cobre (CuO). Modele la capa de óxido como una barrera de potencial de 10 eV de altura. Suponga que los electrones en los conductores tienen 7 eV de energía y que la capa es de 5 nm.

- Planteen las ecuaciones que le permitirían determinar la probabilidad de que electrones de un conductor pasaran al otro conductor.
- ¿Podrá funcionar la capa de CuO como un aislante natural? La probabilidad (a) está dada por:

$$T(E) = \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left[\frac{V^2}{E(V-E)} \right] \sinh^2 \alpha L \right\}^{-1} \quad / \quad \sinh \alpha L = \frac{e^{\alpha L} - e^{-\alpha L}}{2}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{2m(V-E)}}{\hbar}$$

Departamento de Física – DFPD – ANEP

Algunas constantes fundamentales*

CANTIDAD	SÍMBOLO	VALOR
Unidad de masa atómica	u	$1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$ $931.49 \text{ MeV}/c^2$
Número de Avogadro	N_A	$6.022 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$
Magnetón de Bohr	$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$	$9.274 \times 10^{-24} \text{ J/T}$ $5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$
Radio de Bohr	$a_0 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2 k}$	$0.5292 \times 10^{-10} \text{ m}$
Constante de Boltzmann	k_B	$1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ $8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
Constante de Coulomb	$k = 1/(4\pi\epsilon_0)$	$8.988 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
Carga del electrón	e	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa del electrón	m_e	$9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ $5.486 \times 10^{-4} \text{ u}$ $0.5110 \text{ MeV}/c^2$
Constante gravitacional	G	$6.673 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
Energía del hidrógeno en estado fundamental	$E_0 = -\frac{m_e e^4 k^2}{2\hbar^2}$	-13.61 eV
Masa del neutrón	m_n	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 1.009 u $939.6 \text{ MeV}/c^2$
Magnetón nuclear	$\mu_n = \frac{e\hbar}{2m_p}$	$5.051 \times 10^{-27} \text{ J/T}$ $3.152 \times 10^{-8} \text{ eV/T}$
Permeabilidad del espacio libre	μ_0	$4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$
Permitividad del espacio libre	ϵ_0	$8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$
Constante de Planck	h $\hbar = h/2\pi$	$6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $4.136 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ $1.055 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $6.582 \times 10^{-16} \text{ eV}\cdot\text{s}$
Masa del protón	m_p	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 1.007 u $938.3 \text{ MeV}/c^2$
Constante de Rydberg	$R = \frac{m_e k^2 e^4}{4\pi c \hbar^3}$	$1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
Velocidad de la luz en el vacío	c	$2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	$5.6705 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

*En el apéndice A se proporcionan valores más exactos de las constantes físicas.